



# Suono e luce, Induzione e onde elettromagnetiche

## www.online.zanichelli.it/amaldi

Su questo sito ci sono video, animazioni, filmati, mappe interattive e file .pdf.

Alcuni contenuti sono accessibili a tutti , altri sono riservati .

SE VUOI ACCEDERE AI CONTENUTI ONLINE RISERVATI	
Studente	Insegnante
Acquista un <i>codice di attivazione</i> su <a href="http://www.scuola.zanichelli.it/attivazione">www.scuola.zanichelli.it/attivazione</a>	Se sei già registrato in <a href="http://www.myZanichelli.it">www.myZanichelli.it</a> , vai nella sezione <b>Le mie applicazioni</b> della tua area personale.
La prima volta:	Se non sei già registrato:
<b>1.</b> Vai su <a href="http://www.online.zanichelli.it/amaldi">www.online.zanichelli.it/amaldi</a> e seleziona <b>Registrati ora*</b>	<b>1.</b> Vai su <a href="http://www.myZanichelli.it">www.myZanichelli.it</a> e seleziona <b>Registrati ora</b>
<b>2.</b> Inserisci il <i>codice di attivazione</i> che hai acquistato	<b>2.</b> Segui i tre passaggi per registrarti come insegnante di fisica
<b>3.</b> Finita la registrazione, entra nel sito del libro con il tuo indirizzo e-mail e la password	<b>3.</b> Una volta confermata la registrazione, seleziona <b>Le mie applicazioni</b> (oppure entra nel sito del libro con il tuo indirizzo e-mail e la password)
Dalla seconda volta in poi, puoi entrare direttamente nel sito del libro con il tuo indirizzo e-mail e la password	

\* La registrazione su [www.myZanichelli.it](http://www.myZanichelli.it) è unica per tutte le opere del catalogo. Se ti sei già registrato, per accedere alle risorse di altri volumi non occorre registrarsi di nuovo. Accedi a [www.myZanichelli.it](http://www.myZanichelli.it) con il tuo indirizzo e-mail e la password, e aggiungi quest'opera inserendo solo il *codice di attivazione*.

Per maggiori informazioni: [www.myZanichelli.it](http://www.myZanichelli.it)

I diritti di elaborazione in qualsiasi forma o opera, di memorizzazione anche digitale su supporti di qualsiasi tipo (inclusi magnetici e ottici), di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), i diritti di noleggio, di prestito e di traduzione sono riservati per tutti i paesi. L'acquisto della presente copia dell'opera non implica il trasferimento dei suddetti diritti né li esaurisce.

Le fotocopie per uso personale (cioè privato e individuale, con esclusione quindi di strumenti di uso collettivo) possono essere effettuate, nei limiti del 15% di ciascun volume, dietro pagamento alla S.I.A.E del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Tali fotocopie possono essere effettuate negli esercizi commerciali convenzionati S.I.A.E. o con altre modalità indicate da S.I.A.E.

Per le riproduzioni ad uso non personale (ad esempio: professionale, economico, commerciale, strumenti di studio collettivi, come dispense e simili) l'editore potrà concedere a pagamento l'autorizzazione a riprodurre un numero di pagine non superiore al 15% delle pagine del presente volume. Le richieste per tale tipo di riproduzione vanno inoltrate a

Associazione Italiana per i Diritti di Riproduzione  
delle Opere dell'ingegno (AIDRO)  
Corso di Porta Romana, n. 108  
20122 Milano  
e-mail segreteria@aidro.org e sito web www.aidro.org

L'editore, per quanto di propria spettanza, considera rare le opere fuori del proprio catalogo editoriale, consultabile al sito [www.zanichelli.it/f\\_catalog.html](http://www.zanichelli.it/f_catalog.html). La fotocopia dei soli esemplari esistenti nelle biblioteche di tali opere è consentita, oltre il limite del 15%, non essendo concorrenziale all'opera.

Non possono considerarsi rare le opere di cui esiste, nel catalogo dell'editore, una successiva edizione, le opere presenti in cataloghi di altri editori o le opere antologiche. Nei contratti di cessione è esclusa, per biblioteche, istituti di istruzione, musei ed archivi, la facoltà di cui all'art. 71 - ter legge diritto d'autore.

Maggiori informazioni sul nostro sito: [www.zanichelli.it/fotocopie/](http://www.zanichelli.it/fotocopie/)

## Edoardo Amaldi ha collaborato alla realizzazione del testo.

### Realizzazione editoriale:

- Redazione: Adele La Rana, Silvia Merialdo
- Segreteria di redazione: Deborah Lorenzini
- Progetto grafico: Miguel Sal & C., Studio Emme grafica +
- Impaginazione: Studio Emme grafica +
- Ricerca iconografica: Massimiliano Trevisan, Claudia Patella, Adele La Rana
- Disegni: Piero Valli, Thomas Trojer, Sara Segato
- Fotografie delle aperture di capitolo: Carlo Gardini
- Impaginazione delle aperture di capitolo: Miguel Sal & C.
- Rilettura testi: T2, Bologna

### Contributi:

- Collaborazione alla stesura degli esercizi: Maria Salvina Ferrari, Casimira Fischetti, Giuditta Parolini, Fabiola Rosati, Paola Sardella (Centro servizi Archeometria)
- Collaborazione alla stesura degli esercizi, revisione di teoria ed esercizi, selezione dei test dei Giochi di Anacleto e consulenza didattica: Laura Celata
- Metodo scientifico: Maurizio Recchi, Giovanni Pezzi
- I concetti e le leggi: Danilo Cinti
- Controllo soluzioni e rilettura: Carlo Incarbono

### Realizzazione dei contenuti online:

- Video di esperimenti a casa: Christian Biasco, Elena Joli, Formicablu S.r.l.
- Animazioni: Federico Tibone, Danilo Cinti, Gianni Melegari
- Mappe interattive: Danilo Cinti, Elena Joli
- Test interattivi: Gianni Melegari, Danilo Cinti, Paolo Cavallo
- Relazioni di laboratorio: Giovanni Pezzi

### Progettazione esecutiva e sviluppo software del DVD-ROM:

- Infmedia S.r.l. ([www.infmedia.it](http://www.infmedia.it))
- Progettazione e realizzazione multimediale delle *Mappe interattive*: BeSmart - elearning consulting & solutions
- Sviluppo del sito internet: duDAT

Si ringrazia la ESSO Italiana per la gentile concessione dei filmati del PSSC (Physical Science Study Committee)

Si ringrazia la European Space Agency per la gentile concessione del film *Newton in space*.

### Copertina:

- Progetto grafico: Miguel Sal & C., Bologna
- Realizzazione: Roberto Marchetti
- Immagini di copertina: Antonin Vodák/Shutterstock, Artwork Miguel Sal & C., Bologna

## Le seguenti icone significano:



Risorse online su [www.online.zanichelli.it/amaldi](http://www.online.zanichelli.it/amaldi)



Risorse sul DVD-ROM per lo studente e online con codice di attivazione

## Livello di difficoltà degli esercizi:

**3** Esercizi sulla teoria: test, vero o falso, caccia all'errore

**9** Esercizi facili: richiedono l'applicazione di una formula  
★★★ per volta

**27** Esercizi medi: richiedono l'applicazione di una  
★★★ o più leggi fisiche

**33** Esercizi difficili: richiedono il riconoscimento di un modello  
★★★ fisico studiato in teoria e la sua applicazione a situazioni concrete nuove

Prima edizione: marzo 2010

Ristampa:

5 4 3 2 1 2010 2011 2012 2013 2014

L'impegno a mantenere invariato il contenuto di questo volume per un quinquennio (art. 5 legge n. 169/2008) è comunicato nel catalogo Zanichelli, disponibile anche online sul sito [www.zanichelli.it](http://www.zanichelli.it), ai sensi del DM 41 dell'8 aprile 2009, All. 1/B.

### File per diversamente abili

L'editore mette a disposizione degli studenti non vedenti, ipovedenti, disabili motori o con disturbi specifici di apprendimento i file pdf in cui sono memorizzate le pagine di questo libro. Il formato del file permette l'ingrandimento dei caratteri del testo e la lettura mediante software screen reader. Le informazioni su come ottenere i file sono sul sito [www.zanichelli.it/diversamenteabili](http://www.zanichelli.it/diversamenteabili)

### Suggerimenti e segnalazione degli errori

Realizzare un libro è un'operazione complessa, che richiede numerosi controlli: sul testo, sulle immagini e sulle relazioni che si stabiliscono tra essi. L'esperienza suggerisce che è praticamente impossibile pubblicare un libro privo di errori. Saremo quindi grati ai lettori che vorranno segnalarceli. Per segnalazioni o suggerimenti relativi a questo libro scrivere al seguente indirizzo indicando il nome e il luogo della scuola:

Zanichelli editore S.p.A.  
Via Irnerio 34  
40126 Bologna  
fax: 051 293322  
e-mail: [lineauno@zanichelli.it](mailto:lineauno@zanichelli.it)  
sito web: [www.zanichelli.it](http://www.zanichelli.it)

Le correzioni di eventuali errori presenti nel testo sono pubblicate nella sezione *errata corrige* del sito dell'opera ([www.online.zanichelli.it/amaldi](http://www.online.zanichelli.it/amaldi))

Zanichelli editore S.p.A. opera con sistema qualità certificato CertiCarGraf n. 477 secondo la norma UNI EN ISO 9001:2008

Fotocomposizione: Litoincisa Paganelli, Bologna

Stampa: Grafica Editoriale  
Via E. Mattei 106, 40138 Bologna  
per conto di Zanichelli editore S.p.A.  
Via Irnerio 34, 40126 Bologna

Ugo Amaldi

**L'Amaldi 2.0**

Con esperimenti a casa e a scuola

# **Suono e luce, Induzione e onde elettromagnetiche**

con la collaborazione di  
Gianni Melegari ed Elena Joli

*a Clelia*

**SCIENZE ZANICHELLI**

## 16 IL SUONO

1. Le onde	402
2. Le onde periodiche	404
3. Le onde sonore	406
4. Le caratteristiche del suono	409
5. I limiti di udibilità	410
6. L'eco	411
<b>I CONCETTI E LE LEGGI</b>	412
<b>ESERCIZI</b>	414



### RISORSE ONLINE

- **ESPERIMENTO A CASA** Sull'onda del suono
  - Attività di laboratorio
- **APPROFONDIMENTI**
  - La risonanza
  - Le onde stazionarie
- **TEST INTERATTIVI**
  - Allenamento
  - Verifica

- **VIDEO DELL'ESPERIMENTO A CASA**
  - Sull'onda del suono
- **ANIMAZIONI**
  - La formazione delle onde
  - Onde trasversali e longitudinali
  - Le onde sonore
  - Le caratteristiche del suono
- **MAPPE INTERATTIVE DEI CONCETTI E LE LEGGI**
  - Le onde
  - Le onde sonore

## 17 LA LUCE

1. Onde e corpuscoli	422
2. I raggi di luce	423
3. La riflessione e lo specchio piano	425
4. Gli specchi curvi	427
5. La rifrazione	429
6. La riflessione totale	431
7. Le lenti	433
8. Macchina fotografica e cinema	435
9. L'occhio	436
10. Microscopio e cannocchiale	438
11. La dispersione della luce	440
12. La diffrazione	442
13. L'interferenza	444

### IL METODO SCIENTIFICO

La riflessione della luce	446
---------------------------	-----

### I CONCETTI E LE LEGGI

<b>ESERCIZI</b>	449
-----------------	-----



### RISORSE ONLINE

- **ESPERIMENTO A CASA** Un cucchiaio come specchio
  - Attività di laboratorio
- **APPROFONDIMENTO**
  - La formula delle lenti sottili e l'ingrandimento
- **IL METODO SCIENTIFICO**
  - Relazione di laboratorio
- **TEST INTERATTIVI**
  - Allenamento
  - Verifica

- **VIDEO DELL'ESPERIMENTO A CASA**
  - Un cucchiaio come specchio
- **FILM**
  - Rivelare i fotoni
  - Un esperimento che mostra la natura corpuscolare della luce
  - La luce e le ombre
  - La diffusione della luce
  - La riflessione della luce
  - La rifrazione della luce
  - La diffrazione della luce
  - Interferenza dei fotoni
- **MAPPE INTERATTIVE DEI CONCETTI E LE LEGGI**
  - Le proprietà della luce
  - La costruzione delle immagini e gli strumenti ottici



## E5 L'INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

1. La corrente indotta E122
2. Il flusso del campo magnetico E123
3. La legge di Faraday-Neumann E125
4. Il verso della corrente indotta E126
5. L'alternatore E128
6. Le centrali elettriche E130
7. Il trasporto dell'energia elettrica E133
8. Il trasformatore E134
9. Il consumo di energia elettrica E136

**I CONCETTI E LE LEGGI** E138

**ESERCIZI** E140



### RISORSE ONLINE

- **ESPERIMENTO A CASA** Dentro la dinamo
  - Attività di laboratorio
- **APPROFONDIMENTI**
  - Il circuito capacitivo in corrente alternata
  - L'autoinduzione e la mutua induzione
- **TEST INTERATTIVI**
  - Allenamento
  - Verifica



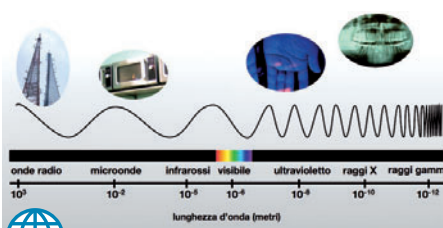
- **VIDEO DELL'ESPERIMENTO A CASA**
  - Dentro la dinamo
- **ANIMAZIONI**
  - La corrente indotta
  - La legge di Lenz
- **MAPPE INTERATTIVE DEI CONCETTI E LE LEGGI**
  - La legge di Faraday-Neumann
  - Corrente alternata e produzione di energia elettrica

## E6 LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

1. Il campo elettromagnetico E152
2. La propagazione del campo elettromagnetico E153
3. Le proprietà delle onde elettromagnetiche E155
4. Lo spettro elettromagnetico E157
5. Le onde radio e le microonde E158
6. Infrarosso, visibile e ultravioletto E159
7. I raggi X e i raggi gamma E161

**I CONCETTI E LE LEGGI** E162

**ESERCIZI** E164



### RISORSE ONLINE

- **ESPERIMENTO A CASA** La luce fra le dita
  - Attività di laboratorio
- **APPROFONDIMENTI**
  - Sintesi, modernità e innovazione: l'idea di campo
  - La radio, i cellulari e la televisione
  - La polarizzazione della luce
- **TEST INTERATTIVI**
  - Allenamento
  - Verifica



- **VIDEO DELL'ESPERIMENTO A CASA**
  - La luce fra le dita
- **FILM**
  - Lo spettro elettromagnetico
  - L'interferenza delle microonde
  - L'interferenza delle onde radio
  - L'interferenza della luce visibile
  - L'interferenza dei raggi X
- **MAPPE INTERATTIVE DEI CONCETTI E LE LEGGI**
  - Il campo elettromagnetico
  - Lo spettro elettromagnetico

## LA STORIA DELL'AMALDI



Questo libro è stato scritto nel ricordo di **Ugo Amaldi** (1875-1957), illustre matematico, uomo di grande fede e magnifico didatta che nel 1904, presso la Zanichelli, pubblicò con Federigo Enriques (1871-1946) gli *Elementi di geometria*, primo di una lunga serie di testi di geometria e analisi usati per più di ottant'anni nelle scuole secondarie di tutta Italia.

Cinquant'anni dopo, Ginestra Amaldi ed Edoardo Amaldi pubblicarono, per la Zanichelli, il *Corso di fisica – ad uso dei licei scientifici* che portava il sottotitolo *rielaborato da un testo di Enrico Fermi*, testo che era stato pubblicato, sempre dalla Zanichelli, nel 1929.

► **Ginestra Amaldi** (1911-1993), astronoma, ha pubblicato diversi libri di divulgazione scientifica rivolti ai giovani. Uno di essi, *Questo nostro mondo*, è stato tradotto in cinque lingue.



► **Edoardo Amaldi** (1908-1989), scienziato di fama internazionale, è stato collaboratore di Fermi nella scuola di via Panisperna. Nel dopoguerra ha ricostruito la fisica italiana.



Edoardo Amaldi è stato uno dei padri fondatori del CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), il prestigioso centro europeo per la ricerca nucleare, e ha contribuito alla creazione dell'ESA (European Space Agency), l'ente spaziale europeo. Ha dedicato gli ultimi decenni della sua vita alla ricerca delle onde gravitazionali.

Dagli anni Cinquanta a oggi il libro di Edoardo e Ginestra ha avuto numerose edizioni e rifacimenti completi; io ne sono il solo autore da una dozzina di anni. Più di due milioni di studenti hanno studiato fisica sulle pagine di questi testi.

La nuova edizione presenta una fisica ricca di immagini, di esempi, di esercizi e di risorse multimediali che parlano dell'esperienza quotidiana. È una fisica che vuole stimolare i giovani cittadini ad acquisire una visione scientifica del mondo, attraverso le spiegazioni semplici ma rigorose che hanno contraddistinto la storia degli «Amaldi».

**Ugo Amaldi**  
Ginevra, febbraio 2010

L'Unione Europea ha individuato la capacità di apprendere come una delle competenze chiave per i cittadini della società della conoscenza.

La **capacità di apprendere**, cioè imparare a imparare, mette in gioco diverse competenze:

- cercare e controllare le informazioni
- individuare collegamenti e relazioni
- comunicare nella propria lingua e nelle lingue straniere
- progettare
- collaborare
- risolvere problemi della vita reale.

Lo **studio della fisica** favorisce l'acquisizione di queste competenze chiave attraverso l'esercizio delle competenze specifiche della disciplina: la formulazione di ipotesi e di modelli, il loro controllo mediante l'esperimento e la risoluzione di problemi.



# Impara a imparare

## Il quadro delle competenze

Competenza	Come si sviluppa in questo libro	Dov'è
Saper formulare ipotesi e proporre modelli	Schede sul metodo scientifico	Alla fine della teoria Per esempio: <i>La riflessione della luce</i> , pag. 446
	Aperture di capitolo con proposte di esperimenti a casa	All'inizio di ogni capitolo Per esempio: <i>Un cucchiaino come specchio</i> , pag. 421
Stabilire relazioni quantitative fra le grandezze fisiche	Che cosa dice la formula	Accanto alle formule più importanti nella teoria Per esempio: <i>La forza elettromotrice indotta</i> , pag. E125
Risolvere problemi	Problemi svolti	Negli esercizi Per esempio: <i>Ritardo del suono</i> , pag. 415
Esprimersi nelle lingue straniere	Esercizi in inglese	In ogni capitolo Per esempio: es. 8 pag. 449

## A

aberrazione cromatica, 440  
accomodamento, 437  
alternatore, E128  
altezza di un suono, 409  
ampiezza di un'onda, 405  
angolo di incidenza, 425  
angolo di riflessione, 425  
angolo di rifrazione, 430  
angolo limite, 431  
antenna ricevente, E156  
antenna trasmittente, E155  
asse ottico, 427  
autoinduzione, e127

## C

campo elettrico indotto, E152  
campo elettromagnetico, E152  
campo magnetico indotto, E152  
cannocchiale, 438  
centrale elettrica, E130  
centrale eolica, E130  
centrale fotovoltaica, E131  
centrale geotermica, E130  
centrale idroelettrica, E130  
centrale nucleare, E132  
centrale termoelettrica, E131  
cinema, 436  
circuito indotto, E122  
circuito induttore, E122  
circuito primario, E134  
circuito secondario, E134  
colore, 440  
cono d'ombra, 424  
corpuscolo, 422  
corrente indotta, E122

## D

decibel (dB), 410  
diffrazione, 442  
dispersione della luce, 440  
distanza focale, 433

## E

eco, 411

## F

fibre ottiche, 432  
fissione nucleare, E132  
flusso del campo magnetico, E123  
fonti energetiche, E133  
fonti energetiche rinnovabili, E133  
forza elettromotrice indotta, E125  
fotone, 423  
frequenza, 405

## I

immagine reale, 426  
immagine virtuale, 426  
indice di rifrazione, 425  
infrasuoni, 410  
ingrandimento, 435  
intensità di un suono, 409  
ipermetropia, 437

## L

legge di Faraday-Neumann, E125  
legge di Lenz, E127  
lente, 433  
lente convergente, 433  
lente divergente, 433  
limiti di udibilità, 410  
livello di intensità sonora, 410  
luce, 422  
lunghezza d'onda, 404

## M

macchina da presa, 436  
macchina fotografica, 435  
microonde, E159  
microscopio, 438  
miopia, 437  
mutua induzione, E127

## O

obiettivo, 438  
oculare, 438  
onda, 402  
onda atomica, 406  
onda luminosa, 422  
onda periodica, 404  
onda sonora, 406  
onde elettromagnetiche, E155  
onde radio, E158

## P

penombra, 424  
periodo, 405  
presbiopia, 437  
prima legge della riflessione, 426  
prima legge della rifrazione, 430

## R

radiazione infrarossa, E159  
radiazione ultravioletta, E160  
radiazione visibile, E159  
raggi gamma, E161  
raggi X, E161  
raggio incidente, 452  
raggio luminoso, 423  
raggio riflesso, 425  
raggio rifratto,  
rapporto di trasformazione, E135  
riflessione, 425  
rifrazione, 429

## S

seconda legge della riflessione, 426  
seconda legge della rifrazione, 430  
sorgente di luce, 424  
specchio, 425  
specchio piano, 425  
specchio sferico, 427  
specchio sferico concavo, 428  
specchio sferico convesso, 429  
spettro elettromagnetico, E157  
suono, 407

## T

timbro di un suono, 409  
trasformatore, E134  
trasporto dell'energia elettrica, E133

## U

ultrasuoni, 410

## V

valore efficace della corrente, E129  
valore efficace della tensione, E129